

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы НОЦ Кижнера Н.М.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка водостойкой магниальной композиции для утилизации высокосолевого отходов химических производств

УДК 621.093.736,666.9.035

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6А	Шашмурина Юлия Игоревна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Митина Наталия Александровна	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Черемискина Мария Сергеевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва Инна Борисовна	к.т.н.		

Томск – 2020 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО ООП 18.03.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1), CDIO (п. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-7,11,17,18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), CDIO (п. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1,5,8,9, ОК-2,3), Критерий 5 АИОР (пп.1.2), CDIO (1.2, 2.1, 4.5)
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-11,26,27,28), Критерий 5 АИОР (п.1.3) (ОК-9, ОК-10, ОК-13, ПК-4, 7, 10, 12 -17, 26) CDIO (п.1.3, 4.4, 4.7)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4,21,22,23,24,25, ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), CDIO (п. 2.2)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,10,12,13,14,15, ОК-6,13,15), Критерий 5 АИОР (п.1.5) CDIO (п. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5,9,10,11), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), CDIO (п. 2.5)
P8	Самостоятельно учиться непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,7,8,12), Критерий 5 АИОР (2.6), CDIO (п. 2.4)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P9	<i>Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.</i>	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п.2.2), CDIO (п. 3.2, 3.3)
P10	<i>Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.</i>	Требования ФГОС (ОК-3,4) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3) CDIO (п. 4.7, 4.8, 3.1)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы НОЦ Кижнера Н.М.

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

18.03.01 Химическая технология

Ревва И.Б.

(Подпись)

(Дата)

(ФИО)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
4Г6А	Шашмурина Юлия Игоревна

Тема работы:

Разработка водостойкой магниезиальной композиции для утилизации высокосолевых отходов химических производств	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 50 – 31/с от 19.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2020 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования – магниезиальное вяжущее для иммобилизации высокосолевых отходов химических производств
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Анализ литературных источников; постановка задач исследования; изучение методов исследования; анализ результатов экспериментов; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность; заключение по работе.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Результаты экспериментов, рентгенофазовый и термический анализы образцов.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Литературный обзор; Методы исследования; Экспериментальный анализ Митина	Митина Наталия Александровна, доцент кафедры ТСН, к.т.н.
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Кащук Ирина Вадимовна, доцент кафедры ОСГН, к.т.н.
«Социальная ответственность»	Черемискина Мария Сергеевна, ассистент ООД

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Митина Наталия Александровна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6А	Шашмурина Юлия Игоревна		.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Уровень образования бакалавриат
 Отделение школы НОЦ Н.М. Кижнера
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2020 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Митина Н.А.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва И.Б.	К.Т.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 76 страниц, 28 источников, 24 таблиц и 6 рисунков.

Ключевые слова: радиоактивные отходы, радионуклиды, твердение, каустический магнезит, бикарбонат магния.

Объектом исследования является высокосолевые отходы химических производств.

Цель работы: получение водостойкой магнезиальной композиции.

В процессе исследования проводились опыты отвержденных образцов на выявление их физико-химических свойств.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: предел прочности при сжатии, фазовый состав продуктов гидратации и твердения, коэффициент водостойкости.

Степень внедрения: Лабораторные испытания.

Область применения: переработка жидких радиоактивных отходов и их изоляция от окружающей среды.

Экономическая эффективность/значимость работы: необходимость поиска решения проблемы долговременного хранения (захоронения) жидких радиоактивных отходов.

ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

РАО – Радиоактивные отходы;

ЖРО – Жидкие радиоактивные отходы;

ПЦ - портландцемент;

БКМ – бикарбонат магния;

РФА – рентгенофазовый анализ;

ДТА – дифференциально-термический анализ;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)

Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2013 г. N 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”

ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	11
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	12
1.1 Способы иммобилизации химически агрессивных отходов.....	12
1.1.1 Иммобилизация с помощью цементной матрицы	14
1.1.2 Иммобилизация с помощью магнезиального вяжущего вещества.....	16
1.1.3 Магнезиальное вяжущее	16
1.1.4 Способы повышения водостойкости магнезиального вяжущего	17
1.1.5 Предпосылки исследований.....	19
2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА	20
2.1 Методы исследований	20
2.1.1 Определение предела прочности на сжатие.....	20
2.1.2 Рентгенофазовый анализ	21
2.1.3 Термический анализ	22
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	23
3.1 Характеристика исходных материалов	23
3.2 Подготовка образцов для дальнейшего исследования	25
3.3 Измерение прочности образцов.....	27
3.4 Рентгенофазовый анализ.....	27
Вывод.....	29
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	31
Введение	31
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований	31
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	31
4.1.2 SWOT-анализ.....	33
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	38
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	38

4.2.2	Определение трудоемкости работ	39
4.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	40
4.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	44
4.3.1	Расчет материальных затрат НТИ	44
4.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	45
4.3.3	Заработная плата	48
4.3.4	Социальные отчисления	50
4.3.5	Общий бюджет расходов на выполнение НИР	51
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	53
	Вывод	56
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	59
	Введение	59
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	59
5.1.1	Правовые нормы трудового законодательства	59
5.1.2	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	61
5.2	Производственная безопасность	62
5.2.1	Микроклимат в рабочей зоне	63
5.2.2	Освещение в рабочей зоне	63
5.2.3	Электробезопасность	64
5.2.4	Пожаробезопасность	65
5.3	Экологическая безопасность	66
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	67
5.4.1	Мероприятия по предотвращению ЧС	68
	Вывод	71
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	74
		10

ВВЕДЕНИЕ

С начала развития ядерной технологии прошли уже десятки лет, но до сих пор не найдено решение, которое позволит в полном объеме справиться с проблемой утилизации ядерных отходов. Суть этой проблемы в том, что опасность их воздействия не утрачивается на протяжении сотен и тысяч лет.

Глобальной же проблемой во все времена, является переработка с последующим захоронением в специальных герметичных емкостях – жидких радиоактивных отходов, так как для их утилизации требуются специальные технологии для очистки, отверждения и дальнейшего безопасного для окружающей среды, хранения.

По данным источника [1], среднегодовое образование РАО в России составляет около 1,2 млн. м³ твердых РАО и около 1,9 млн. м³ жидких РАО[1]. В частности на СХК ежегодно нарабатывают 480 тысяч кубических метров ЖРО.

Целью данной дипломной работы является анализ источников литературы, где предлагаются различные способы иммобилизации радиоактивных отходов, а также разработка альтернативного метода, удовлетворяющего требованиям переработки и захоронения жидких радиоактивных отходов, с помощью водостойкого композиционного материала на основе магнезиального вяжущего.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Способы иммобилизации химически агрессивных и радиоактивных отходов

Радиоактивные отходы – это источники ионизирующих излучений, представляющие значительную опасность для окружающей среды, а следовательно и для здоровья человека.

Они бывают жидкими, твердыми и газообразными, которые в свою очередь подразделяются по удельной активности на три категории – низкоактивные, среднеактивные и высокоактивные [2].

Для длительного хранения РАО необходимо их заключение в такой форме, которая на протяжении долгого времени не будет вступать в реакции с окружающей средой и разрушаться. Другими словами нужна их иммобилизация.

Иммобилизация – это снижение миграции радионуклидов, в процессе длительного хранения, перевозки и захоронения химических отходов, путем перевода их в твердую форму.

Для иммобилизации жидких радиоактивных отходов (ЖРО), количество которых уже давно превышает все допустимые нормы, применяются различные методы, например такие как: 1 – иммобилизация с помощью цементной матрицы, 2 – битумное капсулирование, 3 – остекловывание, 4 – керамическая матрица, 5 – иммобилизация с помощью магнезиального вяжущего.

Включение в цемент жидких радиоактивных отходов (ЖРО) – один из распространенных методов отверждения отходов низкого и среднего уровня активности [1].

Битумирование ЖРО – это включение радионуклидов в твердый инертный материал (битумный компаунд) [3].

Применение данной технологии ограничено по следующим причинам [4,5]:

- полученный при битумировании продукт является горючим (пожароопасным) веществом;

- процесс жестко ограничен по содержанию солей и химическому составу концентратов;

- большая скорость выщелачивания радионуклидов.

Остекловывание – метод, обеспечивающий надежность локализации и иммобилизации высоко- и среднеактивных отходов, путем включения их в матрицу стекла.

Преимуществом данного способа иммобилизации в том, что объем РАО в конечном продукте в несколько раз меньше, чем изначально.

Минус включения радионуклидов в стеклянную матрицу – есть высокая вероятность того, что стекло из аморфного состояния, частично перейдет в кристаллическое твердое тело. Что приведет к потере как механической прочности, так и химической стойкости.

Включение радиоактивных веществ в керамическую матрицу, также можно использовать как метод иммобилизации отходов высокого уровня активности, так как отверждение радионуклидов предпочтительно с образованием кальцината.

Практически полное отсутствие балластных компонентов в конечном продукте, является сильной стороной этого метода.

Однако есть и недостатки, такие как: наличие стадии с интенсивным пылевыведением, из-за присутствия оксидов элементов групп I, II Периодической системы керамическая матрица имеет низкую химическую устойчивость конечной формы.

Иммобилизация жидких радиоактивных отходов в магнезиальную матрицу по ряду физико-химических свойств значительно превосходит почти все применяемые в настоящее время матричные материалы [3]. Данный способ основан на использовании классического магнезиального вяжущего, в состав которого входит каустический магнезит и жидкость затворения (хлорид или сульфат магния).

1.1.1 Иммобилизация с помощью цементной матрицы

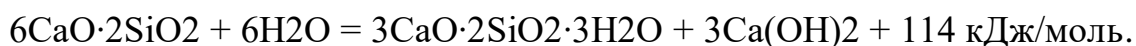
Многочисленные исследования различных матриц показали, что цемент, благодаря своим свойствам таким как: непластичность, негорючесть, простота технологического процесса, а также доступность и дешевизна сырья, является наиболее универсальным материалом для отверждения радиоактивных отходов химических производств [6].

При этом отрицательной чертой получаемого материала методом цементирования жидких радиоактивных отходов, является сравнительно незначительное уменьшение объема начального количества отходов, за счет малой степени включения отвержденных компонентов в цементную матрицу. Еще одним, не мало важным минусом, является выщелачиваемость включенных в цементную матрицу компонентов.

Для цементирования используют различные цементы, одним из наиболее часто используемых цементов используется портландцемент (ПЦ) из-за высокой прочности затвердевшего цементного камня. Образование цементной матрицы не легкий процесс, который зависит от ряда факторов: применение разных видов и составов вяжущего материала, введение различных типов добавок. Основными добавками, улучшающими свойства цементного камня, являются: пластифицирующие, сорбционные, уплотняющие наполнители и т.д.

Механизм образования цементной матрицы [7] связан с реакцией гидратации всех компонентов цемента при взаимодействии с водой с образованием монолитного продукта: в результате химической реакции минералы, в промежуточном продукте, не содержащие воду образуют, гидросиликаты кальция. Образованные силикаты создают крупные агрегаты при слипании мелких частиц, за счет чего структура становится рыхлой. При кристаллизации гидратов происходит уплотнение цементного компаунда, другими словами – схватывание цементного теста. Медленная кристаллизация этих компонентов, определяет нарастание прочности при твердении цементного камня.

Свойства клинкера, традиционных гидравлических вяжущих на основе портландцемента в основном зависит от $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, ввиду его большого массового содержания в цементном компаунде. Трикальцийсиликат вступает в реакцию с водой (реакция гидратации) по следующему уравнению :



Полученный в результате гидратации трикальцийсиликатогидрат ($3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$), определяет прочность и другие свойства отвержденного цемента).

Так же, при иммобилизации жидких радиоактивных отходов путем цементирования, в результате затвердевания происходит внедрение их в кристаллическую решетку цементного компаунда, заключение в оболочку радиоактивных отходов в объеме отвержденной матрицы, в результате – изоляция их от окружающей среды.

Однако получаемые цементные матрицы отличаются ограниченной устойчивостью к выщелачиванию из них радиоактивного изотопа цезия, который в основном и определяет радиоактивность радионуклида.

Скорость выщелачивания его из этих материалов составляет величину $10^{-2} - 10^{-3} \text{ г/}(\text{см}^2 \cdot \text{сутки})$ [3,8] при нормативном значении не более $10^{-3} \text{ г/}(\text{см}^2 \cdot \text{сутки})$ [9], что существенно препятствует внедрению цементирования в технологии обезвреживания ЖРО среднего уровня удельной активности[3].

Выщелачивание происходит за счет разрушения цементной матрицы, в результате действия на нее воды она начинает разрушаться.

На первом этапе, водой уносится свободный гидроксид кальция, содержание которого в продукте после двух трех месяцев твердения более 10 %,

На втором, после вымывания $\text{Ca}(\text{OH})_2$ за счет чего снижается концентрация, начинается разложение $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$, а затем $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 13\text{H}_2\text{O}$ и $4\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot 13\text{H}_2\text{O}$. В результате вымывания водой

растворимых солей повышается пористость цементного камня, что приводит к уменьшению его прочности [10].

1.1.2 Иммобилизация с помощью магнезиального вяжущего вещества

Как уже говорилось выше, в вопросе иммобилизации жидких радиоактивных отходов применяются различные по свойствам и составам вещества, в том числе порошок каустического магнезита в роли отвердителя для локализации радионуклидов в магнезиальную матрицу. Применение его позволяет применить в качестве жидкости затворения, не только классические хлорид или сульфат магния, но и воду, содержащуюся в составе жидких радиоактивных отходов.

Преимущество этого метода в том, что переработка отходов таким способом повышает наполняемость отвержденного продукта радионуклидами, входящими в состав высокосолевых отходов химической промышленности.

Наиболее распространенной жидкостью затворения магнезиального вяжущего является $MgCl_2$, физико-химические свойства, которого, позволяют получить монолитный магнезиальный компаунд с максимально возможной прочностью.

Отрицательной стороной этого способа иммобилизации, является отклонение от норм, скорости выщелачивания радиоактивного изотопа цезия, в следствии того, что магнезиальное вяжущее вещество относится к типу воздушных вяжущих веществ, известных своей неводостойкостью.

1.1.3 Магнезиальные вяжущие

Магнезиальные вяжущие вещества, основным компонентом которых, является оксид магния. Магнезиальные вяжущие вещества принадлежат классу воздушных вяжущих веществ. Классические магнезиальные вяжущие вещества, получают путем затворения мелкодисперсного порошка каустического магнезита водными растворами хлорида или сульфата магния. Применяются в

строительстве для изготовления конструкционных, огнеупорных, теплоизоляционных, декоративных материалов и изделий с влажностью, не превышающей 60 %. В отличие от широко используемого портландцемента производство магнезиальных вяжущих менее энергозатратно. Обжиг каустического магнезита происходит при температурах около 700 – 800 °С, что позволяет получать цементы, не уступающие по прочностным свойствам. Вдобавок, магнезиальные вяжущие вещества обладают следующими уникальными свойствами [11]:

- быстрое схватывание;
- безусадочность;
- высокая износостойкость;
- термостойкость и низкая теплопроводность;
- высокая адгезия.

В роли магнезиального вяжущего вещества также может применяться кальцинированный магнезит, который является отходом производства металлургического магнезита и представляет собой пыль.

И все же, главным недостатком магнезиальных вяжущих, является их низкая водостойкость после отверждения. В связи с этим, применение материалов на основе магнезиальных вяжущих ограничено.

1.1.4 Способы повышения водостойкости магнезиальных вяжущих веществ

При твердении магнезиального вяжущего, образуется фазовый состав, состоящий преимущественно из гидроксида магния, который разуплотняет структуру камня и повышает его гигроскопичность, что и является причиной низкой водостойкости магнезиального вяжущего. Так же растрескивание уже сформировавшегося магнезиального камня происходит вследствие поздней гидратации [2] MgO (пережог).

Таким образом, известные способы улучшения водостойкости магнезиальных вяжущих основаны на:

- повышении реакционной способности каустического магнезита,
- снижении гидролиза растворимых соединений.

Реакционная способность каустического магнезита во многом зависит от условий его получения. Прежние исследования [2] показывают, что температура и время обжига магнезильного сырья значительно влияют на активность вяжущего. Оксид магния, полученный при 800 °С, обладает большей реакционной способностью и гидратируется полностью уже к 7 суткам. Вяжущее, обожженное при 1200 °С, к 28 суткам гидратируется на 63-75 %. Тем не менее независимо от температуры обжига, полученные магнезиальные вяжущие склонны к растрескиванию. Установлено, что процесс гидратации MgO замедляется из-за образующейся на поверхности частиц пленки $Mg(OH)_2$, которая препятствует диффузии воды. Проблема решается введением в затворитель электролита, в результате чего ускоряется гидратация и повышается водостойкость. Другой путь решения проблемы основан на подавлении гидролиза растворимых соединений. Введение в состав магнезильного вяжущего добавки молотого кварцевого стекла приводит к ограничению разложения $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ за счет образования форстерита и предотвращает образование брусита в воде. Результаты показывают, что повышается водостойкость, но также снижается механическая прочность и увеличивается время схватывания. Повышение прочности и коэффициента водостойкости при введении таких добавок обусловлено их исходными высокими прочностными характеристиками, а также химическим сродством к продуктам твердения магнезильного вяжущего. Высокое химическое сродство приводит к образованию гетероцепных силикатных полимеров, повышающих прочность и водостойкость вяжущего. Иным образом действуют железосодержащие добавки. Также снижение гигроскопичности магнезильного цемента можно достичь путем введения органических добавок, которые уменьшают пористость и проницаемость пор. Например, использование фталата калия в виде модифицирующей добавки приводит к повышению коэффициента водостойкости до 0,86. Известны способы

применения растительных отходов в виде добавок, улучшающих эксплуатационные свойства, в том числе снижающих гигроскопичность материалов на основе магнезиальных вяжущих. Замена традиционной жидкости затворения на бикарбонат магния $Mg(HCO_3)_2$ является принципиально новым подходом к решению проблемы низкой водостойкости, магнезиальных вяжущих. Использование раствора $Mg(HCO_3)_2$ в качестве затворителя позволяет исключить образование растворимых соединений и получить нерастворимые кристаллические фазы, повышающие водостойкость и прочность изделий.

1.1.5 Предпосылки исследований

На данный момент для иммобилизации РАО используются различные матрицы, рассмотренные выше, но каждая из них по какому – либо параметру не удовлетворяет норм захоронения отходов.

Целью данной работы является разработка водостойкой композиции на основе магнезиального вяжущего для иммобилизации высокосолевых отходов химических производств. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Получение образцов магнезиального вяжущего на основе каустического магнезита и водного раствора бикарбоната магния в качестве затворителя с добавлением ЖРО;
2. Осуществление твердения образцов в водных условиях;
3. Определение характеристик среды твердения;
4. Определение прочностных свойств образцов;
5. Установление закономерности изменения структуры при твердении.

2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

2.1 Методы исследований

Для определения свойств образцов после твердения был использован комплекс физико-химических методов исследования. Последовательность исследований:

- определение предела прочности на сжатие,
- рентгенофазовый анализ,
- термический анализ.

2.1.1 Определение предела прочности на сжатие

Испытание для определения предела прочности при сжатии, выполняется на образцах малого размера, твердеющих от трех до двадцати восьми суток.

Предварительно готовится цементное тесто, которое тщательно перемешивается и выкладывается в силиконовую форму с углублениями в ней нужного размера. Образцы остаются в форме для предварительного твердения на 24 часа в условиях воздушно-сухой среды, затем образцы извлекаются из формы и помещаются для окончательного твердения в водную и воздушно-влажную среду.

После твердения образцов измеряются линейные размеры, затем кубики испытывают на прессе для определения прочности при сжатии.

Расчет предела прочности при сжатии производится по формуле[24]:

$$R_{сж} = \frac{P_{ман} \cdot F_{порш}}{S_{обр}},$$

где $R_{сж}$ – предел прочности при сжатии, кг/см²;

$P_{ман}$ – показатель манометра, кг/см²;

$F_{порш}$ – площадь рабочего поршня пресса, см²;

$S_{обр}$ – площадь образца, см².

2.1.2 Рентгенофазовый анализ

Рентгенофазовый анализ (РФА) является методом определения фазового состава кристаллических тел.

Благодаря этому методу можно проводить следующие исследования: качественный и количественный фазовый анализ, определение параметров элементарной ячейки, исследование фазовых превращений, которые происходят под воздействием термообработки.

В основе рентгенофазового анализа лежит явление дифракции рентгеновских лучей на кристаллической решетке.

Необходимое условие дифракции рентгеновских лучей – выполнение уравнения Вульфа-Бреггов:

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin\theta, (2.1)$$

где n – порядок отражения (1, 2, 3);

λ – длина волны рентгеновского луча, нм;

d – межплоскостной интервал, нм;

θ – угол падения рентгеновского луча, град.

В данной исследовательской работе рентгенофазовый анализ исследуемых материалов проводили на приборе ДРОН – 3М, где применяется рентгеновская трубка БСВ – 29 с $\text{Cu}_{K\alpha}$ - излучением и следующими характеристиками:

- точность съемки – 1000, 2000;
- напряжение анод-катод – 35 кВ;
- анодный ток – 25 мА;
- скорость вращения гониометра – 4 град/мин.

Расшифровку рентгенограмм проводили с помощью программы CrystallographicSearch – Match. Обработка результатов основана на сравнении экспериментального спектра образца с высоким числом цифровых массивов, характеризующих спектры возможных соединений.

2.1.3 Термический анализ

Термический анализ подразделяется на следующие методы:

- дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК);
- дифференциально-термический анализ (ДТА);
- термогравиметрия (ТГ).

Дифференциально-термический анализ основан на сопоставлении термических свойств исследуемого вещества и термически инертного вещества, которое принимается в качестве эталонного. Дифференциально-сканирующая калориметрия позволяет фиксировать тепловой поток, отражающий происходящие в веществе физико-химические процессы при нагревании. При исследовании образцов ДСК и ДТА показывают характерные эндотермические эффекты, которые возникают в результате дегидратации и разрушения кристаллической структуры, а также экзотермические эффекты, обусловленные образованием новых фаз при более высоких температурах. Термогравиметрия – метод термического анализа, основанный на регистрации изменения массы образца от температуры. Получаемая зависимость позволяет делать выводы о термической стабильности и составе образца. Этот метод может быть эффективно использован в том случае, когда образец при нагревании выделяет летучие вещества в результате различных химических, физических и физико-химических процессов. Для проведения термического анализа в работе использовался дифференциально-термический анализатор STA 449 F3 Jupiter фирмы «NETZSCH», представляющий собой сопряженный ДСК-ТГ прибор. Термоанализ проводили до 1000 °С.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Г6А	Шашмурина Юлия Игоревна

Школа	ИШНПТ	Отделение школы	НОЦ Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	«Химическая технология»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %. (НК РФ)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Анализ и оценка конкурентоспособности НИ. SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Определение структуры выполнения НИ. Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения исследования.
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ по разработке стенда
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Определение: интегрального финансового показателя; интегрального показателя ресурсоэффективности; интегрального показателя эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности НИ
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6А	Шашмурина Юлия Игоревна		

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

Проблемы эффективного ресурсопотребления и ресурсосбережения всегда являлись достаточно актуальными. Формирование и реализация стратегии ресурсосбережения на всех уровнях управления – один из важнейших вопросов стратегического менеджмента, так как ресурсоемкость является второй стороной товара, когда первой является его качество. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Цель раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» данного проекта: проектирование и создание конкурентоспособной разработки вещества, участвующего в захоронении отходов химических производств, отвечающей современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В данном разделе будут рассмотрены следующие задачи:

- Оценен коммерческий потенциал разработки;
- Спланирован график научно-исследовательской работы;
- Рассчитан бюджет научно-исследовательского исследования;
- Определена ресурсная, финансовая эффективности исследования.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В интересах данного научного исследования проведение анализа конкурентных технических решений необходимо для корректного построения SWOT-анализа в дальнейшей работе, а именно верного и трезвого взгляда на преимущества и недостатки конкурентных методик. Анализ конкурентных технических решений проводится с помощью оценочной карты.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (Таблица 4.1) разработана для альтернативных способов иммобилизации химических отходов: 1 – иммобилизация с помощью цементной матрицы, 2 – битумное капсулирование, 3 – остекловывание, 4 – керамическая матрица.

Каждая позиция оценочной карты оценивается по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее низкая точка зрения, 5 – наиболее мощная. Вес всех характеристик должен равняться 1.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии	Вес критерия	Баллы				Конкурентноспособность			
		Б1	Б2	Б3	Б4	К1	К2	К3	К4
Техническиекритерииоценкиресурсоэффективности									
Механическая прочность	0.1	4	4	3	3	0,4	0,4	0,3	0,3
Радиационная стойкость	0.1	3	3	3	3	0,3	0,3	0,3	0,3
Стойкость к выщелачиванию	0.1	2	2	3	3	0,2	0,2	0,3	0,3
Термоустойчивость	0.1	2	2	3	2	0,2	0,2	0,3	0,3
Устойчивость при размещении в геологических формациях	0.1	1	1	1	2	0,1	0,1	0,1	0,2
Сложность технологии	0.1	5	4	2	1	0,5	0,4	0,2	0,1
Экономическиекритерииоценкиэффективности									
Стоимость сырья	0.05	5	4	3	3	0,25	0,2	0,15	0,15
Стоимость осуществления технол.производства	0.05	4	5	3	2	0,2	0,25	0,15	0,1
Предполагаемый срок эксплуатации	0.3	1	2	1	2	0,3	0,6	0,3	0,6
Итого:	1	27	27	22	21	2,45	2,65	2,1	2,35

Анализ альтернатив:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки;

B_i – вес показателя, в долях единицы;

B_i – балл i -го показателя.

Пример для варианта остекловывания:

$$K_1 = 0.1 \cdot 3 + 0.1 \cdot 3 + 0.1 \cdot 3 + 0.1 \cdot 3 + 0.1 \cdot 1 + 0.1 \cdot 2 + 0.05 \cdot 3 + 0.05 \cdot 3 + 0.3 \cdot 1 = 2.1$$

Таким образом, согласно анализа конкурентных технических решений, в порядке уменьшения степени конкуренции по техническому и экономическому признаку среди технологий утилизации отходов наблюдается следующая градация: битумное капсулирование, цементирование, керамическая матрица, остекловывание.

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ – это один из видов анализа проекта, целью которого является исследование его внутренней и внешней среды, а конкретнее исследование сильных и слабых сторон исследуемой технологии, а также возможностей и угроз проекта.

SWOT-анализ производится в несколько этапов:

1. На первом этапе заполняется матрица *SWOT*-анализа. В матрицу заносятся сильные и слабые стороны проекта, возможности и угрозы его реализации.

Сильные стороны – оказатели, определяющие конкурентоспособность проекта, ресурсы или возможности, которые могут быть эффективно использованы для достижения желаемого результата, преимущества перед конкурентами.

Слабые стороны – особенности проекта, которые могут препятствовать его реализации, недостатки или упущения по сравнению с конкурентными разработками.

Возможности–возможные ситуации в настоящем или в будущем в окружающей среде проекта, позволяющие поддерживать или увеличить спрос и повысить конкурентоспособность.

Угрозы – любые возможные неблагоприятные для проекта ситуации, оказывающие отрицательное влияние на его конкурентоспособность в настоящем или будущем.

2. На втором этапе необходимо соотнести сильные и слабые стороны исследования внешним условиям окружающей среды. Это поможет выявить степень необходимости стратегических изменений. Для этого необходимо построить интерактивные матрицы проекта для каждого из четырех возможных соответствий и выявить корреляции факторов (+ если сильное соответствие, - если слабое соответствие, 0 – затрудняюсь ответить). Сильно коррелирующие факторы представляют собой направление реализации проекта.

3. На третьем (и последнем) этапе на основе проведенного исследования строится итоговая матрица SWOT-анализа.

Результат первого этапа представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2–Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые стороны
1	2
С1. Полностью решает проблему длительного хранения отходов хим. производства	Сл1. Требуется дополнительное технологическое процесса – производства бикарбоната магния
С2. Обеспечивает безопасное надежное хранение	Сл2. Требуется поиск инвесторов для выхода на рынок, доступная и убедительная презентация и доказанная эффективность
С3. Решает проблему несоответствия «упаковки» и геологической формации	Сл3. Более трудо- и финансовозатратен по сравнению с существующими технологиями
С4. Позволяет использовать технологию в разных климатических условиях	

Продолжение таблицы 4.2

1	2
С5. Метод более экологичен по сравнению с существующими технологиями	Сл.4. Необходимость обучения персонала, внедрение и перестройка существующих комбинатов или строительство новых
Возможности	Угрозы
3	4
В1. Востребованность новых решений, приветствуются современные научные разработки В2. Общественный интерес к проекту, т.к. он затрагивает глобальную проблему человечества В3. Поддержка со стороны государства; фондов как внутри страны, так и международного уровня В4. Уменьшение стоимости проекта при крупных объемах производства	У1. Отсутствие инвесторов для реализации У2. Новая, неопробованная в производстве технология – соответственно настороженное отношение к ней У3. Ужесточение требований и регламентов к технологии захоронения

Результаты этапа № 2 представлены в таблице 4.3, таблице 4.4, таблице 4.5, таблице 4.6.

Таблица 4.3– Матрица соответствий сильных сторон и возможностей

		Сильные стороны				
		С1	С2	С3	С4	С5
Возможности	1	+	+	+	+	0
	2	+	+	0	0	+
	3	0	+	-	0	0
	4	-	-	0	+	-
У сильных сторон и возможностей корреляции: В1С1С2С3С4, В2С1С2С5, В3С2, В4С4.						

Таблица 4.4– Матрица соответствий слабых сторон и возможностей

		Слабые стороны			
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Возможности	1	0	0	0	0
	2	-	+	-	-
	3	0	+	0	0
	4	+	-	0	+
Корреляции слабых сторон и возможностей: В2В3Сл2, В4Сл1Сл4.					

Таблица 4.5– Матрица соответствий сильных сторон и угроз

		Сильные стороны				
		С1	С2	С3	С4	С5
Угрозы	1	0	-	0	-	-
	2	-	0	0	0	+
	3	+	+	0	0	+
Сильные стороны и угрозы коррелируют по признакам: У2С5, У3С1С2С5.						

Таблица 4.6– Матрица соответствий слабых сторон и угроз

		Слабые стороны			
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Угрозы	1	0	+	0	-
	2	0	+	+	-
	3	-	-	-	-
Соответствия слабых сторон и угроз: У1Сл2, У2Сл2Сл3.					

На третьем этапе построим итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны</p> <p>С1. Полностью решает проблему длительного хранения отходов хим.производства</p> <p>С2. Обеспечивает безопасное надежное хранение</p> <p>С3. Решает проблему несоответствия «упаковки» и геологической формации</p> <p>С4. Позволяет использовать технологию в разных климатических условиях</p> <p>С5. Метод более экологичен по сравнению с существующими технологиями</p>	<p>Слабые стороны</p> <p>Сл1. Требуется дополнительное технологического процесса – производства бикарбоната магния</p> <p>Сл2. Требуется поиск инвесторов для выхода на рынок, доступная и убедительная презентация и доказанная эффективность</p> <p>Сл3. Более трудо- и финансовозатратен по сравнению с существующими технологиями</p> <p>Сл4. Необходимость обучения персонала, внедрение и перестройка существующих комбинатов или строительство новых</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Востребованность новых решений, приветствуются современные научные разработки</p> <p>В2. Общественный интерес к проекту, т.к. он затрагивает глобальную проблему человечества</p> <p>В3. Поддержка со стороны государства; фондов как внутри страны, так и международного уровня</p> <p>В4. Уменьшение стоимости проекта при крупных объемах производства</p>	<p>Рынок требует новых современных решений – технологии должны быть более надежные, рассчитаны на максимально длительное время хранения, должны гарантировать 100 % сохранность.</p> <p>Наш метод более экологичен существующих, что подогреет общественный интерес к проекту, т.к. современное человечество всё больше обеспокоено проблемами экологии и будущим Земли.</p> <p>Отсутствие привязанности к геологическим формациям позволит заводам объединяться для реализации совместной программы утилизации, также это расширит географический рынок.</p>	<p>Общественный интерес и возможная поддержка фондов по охране окружающей среды и аналогичные структуры помогут решить проблему противостояния «дорого – надёжно».</p> <p>При объединении инвесторов и комбинатов-потребителей решится вопрос затратности строительства новых технологических помещений и производств путем разделения затрат между несколькими инвесторами.</p>

Угрозы: У1. Отсутствие инвесторов для реализации У2. Новая, неопробованная в производстве технология – соответственно настороженное отношение к ней У3. Ужесточение требований и регламентов к технологии захоронения	Большая экологичность проекта может помочь побороть настороженное отношение к новой технологии, так как она гарантирует надежность и качественное длительное хранение отходов. Технология разработана относительно имеющихся норм хранения отходов, при возможном ужесточении их могут потребоваться дополнительные расчеты доказательства эффективности и безопасности.	Потенциальным инвесторам и потребителям необходимо предоставить развернутое исследование с доказательствами эффективности и безопасности. Настороженное отношение к новой технологии может подкрепиться необходимостью дополнительных затрат – дополнительный цикл производства, переоборудование или стройка.
--	---	---

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование работ включает в себя: составление перечня работ; определение участников каждой отдельной работы; установление продолжительности работ.

Составим перечень работ, которые необходимо произвести для достижения цели. Сведения об этапах и сотрудниках, работающих над выполнением проекта, представлены в таблице 4.8.

В разработке проекта участвуют три исполнителя: НР – научный руководитель; И - инженер, Л - лаборант.

Таблица 4.8 – Определение перечня работ

Основные этапы	раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Инженер

	3	Календарное планирование работ по проекту	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Подбор и изучение материалов по теме, теоретический расчет	Инженер
	5	Проведение лабораторных исследований	Инженер, лаборант
	6	Расчет данных эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ и сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Контроль и координирование проекта	9	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Научный руководитель
Разработка технической документации и проектирование	10	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости работ

Трудовые затраты составляют основную часть стоимости разработки проекта (в большинстве случаев), поэтому для оценки общей стоимости бюджета исследования необходимо рассчитать трудоемкость работ участников исследования. Также это необходимо для последующего построения графика выполнения работ.

Трудоемкость проведения научного исследования оценивается экспертным методом и измеряется в человеко-днях, а также имеет вероятностный характер, поскольку зависит от множества сложно учитываемых факторов.

Для расчета ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ применяется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 \times t_{mini} + 2 \times t_{maxi}}{5}, \quad (4.2)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -работы в чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения i -работы (оптимистичная оценка, при условии наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения i - работы (пессимистичная оценка, при условии наименее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Произведем расчет ожидаемой трудоемкости для работы № 5:

$$t_{ож5} = \frac{3 \times 4 + 2 \times 7}{5} = 5,2 \text{ чел-дн}$$

Далее необходимо конвертировать среднюю ожидаемую трудоемкость в рабочие дни T_p . Для этого необходимо знать $Ч_i$ – число исполнителей, выполняющих одновременно одну работу на данном этапе, чел. Воспользуемся формулой и посчитаем рабочие дни выполнения работы № 5:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} = 2,6 \text{ раб дн}$$

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта. Эта диаграмма выглядит как горизонтальный ленточный график, представляющий работы протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ.

Для разработки диаграммы необходимо перевести рабочие дни T_{pi} в календарные T_{ki} согласно следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, (4.3)$$

где $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Проект выполняется в течение 2020 года, поэтому рассчитываем коэффициент календарности для него, для расчета используем пятидневную рабочую неделю.

$$k_{\text{кал}2020} = \frac{366}{366 - 118} = 1,48$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе необходимо округлить до целых.

Определим $T_{\text{к}}$ для работы № 9:

$$T_{\text{к}9} = 1,8 \cdot 1,48 = 2,664 \approx 3 \text{ кал.дн.}$$

В таблице 4.9 приведены значения для оставшихся работ. На основании этой таблицы строим календарный план-график продолжительности выполнения работ с разбивкой на декады (рисунок 4.1).

Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования

№ п.п	Работа	Исполнители	t_{\min}	t_{\max}	$t_{\text{ож}}$	T_p	$T_{\text{к}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	1	2	1,4	1,4	2
2	Выбор направления исследований	Инженер	1	3	1,8	1,8	3
3	Календарное планирование работ по проекту	Инженер	1	2	1,4	1,4	2

Продолжение таблицы 4.9

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Подбор и изучение материалов по теме, теоретический расчет	Инженер	10	21	14,4	14,4	21
5	Проведение лабораторных исследований	Инженер Лаборант	4	7	5,2	2,6 2,6	4 4
6	Расчет данных эксперимента	Инженер	3	7	4,6	4,6	7
7	Анализ и сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер	5	14	8,6	8,6	13
8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	2	5	3,2	3,2	5
9	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Научный руководитель	1	3	1,8	1,8	3
10	Составление пояснительной записки	Инженер	5	14	8,6	8,6	13
Итого:		Инженер				45,2	68
		Научный руководитель				3,2	5
		Лаборант				2,6	4

Группы задач	Задачи	Исполнители	Продолжительность работы дней	мар.20			апр.20			май.20		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9
Разработка технического задания	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	2									
Выбор направления исследований	Выбор направления исследований	Инженер	3									
	Календарное планирование работ по проекту	Инженер	2									
Теоретические и экспериментальные исследования	Подбор и изучение материалов по теме, теоретический расчет	Инженер	21									
	Проведение лабораторных исследований	Инженер	4									
		Лаборант	4									
	Расчет данных эксперимента	Инженер	7									
Обобщение и оценка результатов	Анализ и сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер	13									
	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	5									
Контроль и координирование проекта	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Научный руководитель	3									
Разработка технической документации и проектирование	Составление пояснительной записки	Инженер	13									

Рисунок 4.1 – График Ганта

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы;

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Все материальные затраты, используемые при разработке данного проекта можно условно разделить на несколько групп: оборудование (Таблица 4.14), сырье, материалы и комплектующие изделия (Таблица 4.10), средства индивидуальной защиты (Таблица 4.11), канцелярские товары (Таблица 4.12).

Таблица 4.10– Сырье, материалы и комплектующие изделия

Материалы	Количество, шт.	Стоимость, руб.
Чашка	2	300
Мерный цилиндр	1	180
Стеклянная палочка	2	100
Ложка	1	50
Итого:	6	630

Таблица 4.11 - Средства индивидуальной защиты

Материалы	Количество, шт.	Стоимость, руб.
Халат лабораторный	1	2000
Перчатки	1	100
Очки защитные	1	400
Итого:	3	2500

Таблица 4.12– Канцелярские товары

Материалы	Количество, шт.	Стоимость, руб.
Бумага	1	300
Флеш-карта	1	1000
Пишущие принадлежности, набор	1	200
Распечатка, брошюрование	1	1000
Итого:	4	2500

Таблица 4.13 - Общие материальные затраты

<u>Вид затрат</u>	<u>Сумма, руб.</u>
Оборудование	31000
Сырье, материалы и комплектующие изделия	630
Средства индивидуальной защиты	2500
Канцелярские товары	2500
Итого:	36630

4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной

аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Так как все необходимые измерения и испытания проводились в научно-технической лаборатории университета, то всё необходимое для исследования оборудование находится на балансе ТПУ. Соответственно по нему необходимо рассчитать только амортизационные отчисления. От инженера для проектирования из оборудования требуется только ЭВМ – ноутбук.

К оборудованию (Таблица 4.14), используемому при разработке проекта, относится ноутбук, а также специальное оборудование, принадлежащее институту и используемое в целях проекта.

Таблица 4.14 – Оборудование

Материалы	Количество, шт.	Стоимость, руб.
Ноутбук	1	31000
Итого:	1	31000

Амортизация оборудования

Амортизация основных фондов представлена в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Амортизация основных фондов

Вид техники	Количество	Стоимость техники, C_{KT}	Срок службы, г.	$T_{кал}$ Дн.	Амортизация, руб
1	2	3	4	5	6
Ноутбук	1	31000 руб.	5	68	1151,91

Продолжение таблицы 4.15

1	2	3	4	5	6
Весы электронные аналитические	1	45000	10	4	49,18
Весы электронные аналитические	1	45000	10	4	49,18
Пресс гидравлический ПГМ-500	1	624000	10	4	681,97
Термоанализатор ДТА/ТГ	1	900000	15	4	655,73
Дифрактометр Дрон-3М	1	550000	15	4	400,72
Итого:	5				2939,51

Амортизация – перенесение по частям стоимости основных средств и нематериальных активов по мере их физического или морального износа на стоимость производимой продукции (работ, услуг).

Амортизация равна:

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.КТ}}}{T_{\text{кал}}} \cdot C_{\text{КТ}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}}, \quad (4.5)$$

где $T_{\text{исп.КТ}}$ – время использования техники,

$T_{\text{кал}}$ – календарное время (366 дней в 2020 г.);

$C_{\text{КТ}}$ – стоимость техники,

$T_{\text{сл}}$ – срок службы техники.

Рассчитаем на примере ноутбука. Стоимость компьютерной техники составляет 31 тыс. руб., срок службы 5 лет. Тогда амортизация рассчитывается следующим образом:

$$K_{\text{ам}} = \frac{68}{366} \cdot 31000 \cdot \frac{1}{5} = 1151,91 \text{ руб.}$$

4.3.3 Заработная плата

В состав затрат на фонд оплаты труда включаются:

1. выплаты заработной платы за фактически выполненную работу, исходя из должностных окладов в соответствии с принятыми на предприятии нормами и системами оплаты труда;
2. выплаты по районным коэффициентам (в Томске 30%);
3. дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, (4.6)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата исполнителя, руб;

T_p – продолжительность работ, выполняемых исполнителем (раб.дн.).

Среднедневная заработная плата в свою очередь рассчитывается следующим образом:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, (4.7)$$

где Z_m – месячный должностной оклад исполнителя, руб;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (определяется посредством таблицы баланса рабочего времени).

Месячный должностной оклад работника рассчитывается исходя из данных о $Z_{тс}$ – заработной плате по тарифной сетке, руб (оклада); стимулирующих коэффициентов – премиального (0,3 – что составляет 30% от зп по тарифной сетке) и коэффициента доплат и надбавок (для НИИ примем

равным 0,2), затем полученная сумма индексируется на районный коэффициент (для Томска он равен 1,3):

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, (4.8)$$

В таблице 4.16 показан баланс рабочего времени, в таблице 4.17 показан расчет основной заработной платы.

Таблица 4.16 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер	Лаборант
Календарное число дней	366	366	366
Количество нерабочих дней			
- выходные дни	52/14	104/14	104/14
- праздничные дни			
Потери рабочего времени			
- отпуск	48/5	24/10	24/10
- невыходы по болезни			
Действительный годовой фонд рабочего времени	247	214	214

Таблица 4.17 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	З _{тс} , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	-	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2159,37	3,2	6909,98
Инженер	-	9893	0,3	0,2	1,3	19291,35	1009,64	45,2	45635,76
Лаборант	-	13500	0,3	0,2	1,3	26325	1377,76	2,6	3582,17
Итого З _{осн}									56127,91
*-данные взяты согласно «Положение об оплате труда» из Планово-финансового отдела ТПУ									

Дополнительная заработная плата

В затраты по дополнительной заработной плате включаются доплаты за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} , (4.9)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования примем равным 0,15).

Таким образом, рассчитаем дополнительную заработную плату для исполнителей проекта.

Общая заработная плата исполнителей работы представлена в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	Основная з.п.	Дополнительная з.п.	Итого:
Научный руководитель	6909,98	1036,50	7946,48
Инженер	45635,76	6845,36	52481,12
Лаборант	3582,17	537,33	4119,5
Итого:	56127,91	8419,19	64547,1

4.3.4 Социальные отчисления

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) , (4.10)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Общая ставка взносов составляет – 30% (ст. 425, 426 НК РФ):

- 22 % – на пенсионное страхование;
- 5,1 % – на медицинское страхование;
- 2,9 % – на социальное страхование.

На этом этапе внесем в бюджет правки по вариантам исполнения, согласно той информации, что во втором варианте допускается увеличение времени работы в лаборатории, а соответственно величина заработной платы лаборанта, а в третьем варианте исполнения требуется больше временных затрат научного руководителя в связи со сложностями интерпретации результатов лабораторных исследований и соотношения их с теоретическими расчетами.

В таблице 4.19 представлены отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 4.19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.1	Вар.2	Вар.3
Научный руководитель	6909,98	6909,98	10796,85	1036,50	1036,50	1619,53
Инженер	45635,76	45635,76	45635,76	6845,36	6845,36	6845,36
Лаборант	3582,17	5511,04	3582,17	537,33	826,66	537,33
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3					
Итого						
Исполнение 1	19364,13					
Исполнение 2	20029,59					
Исполнение 3	20705,1					

4.3.5 Общий бюджет расходов на выполнение НИР

Полученные затраты по всем статьям сведем в итоговую таблицу, добавив статью накладных расходов. Данные в таблице приводятся сразу для трех вариантов исполнения проекта. Во втором варианте допускается увеличение времени работы в лаборатории, а соответственно величина заработной платы лаборанта и амортизация лабораторного оборудования. В третьем варианте исполнения требуется больше временных затрат научного руководителя в связи со сложностями интерпретации результатов лабораторных исследований и соотношения их с теоретическими расчетами.

Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. Также в эту статью мы выделим затраты на электроэнергию при использовании оборудования в лаборатории, так как это оборудование не является нашей собственностью и оплачивает эти расходы университет.

Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.11)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

В таблице 4.20 представлен результат расчета бюджета затрат НТИ.

Таблица 4.20 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	36630	36630	36630
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	2939,51	4280,22	2939,51
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	56127,91	58056,78	60014,78
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8419,19	8708,52	9002,22
5. Отчисления во внебюджетные фонды	19364,13	20029,59	20705,1
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-
7. Контрагентские расходы	-	-	-
8. Накладные расходы	19756,92	20432,82	20686,66
9. Бюджет затрат НТИ	143237,66	148137,93	149978,27

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности проекта необходимо определить несколько ключевых характеристик, а именно: интегральный показатель финансовой эффективности и интегральный показатель ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат нескольких (в нашем случае трех) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.12)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

	Вар.1	Вар.2	Вар.3
$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$	0,95	0,98	1

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов

исполнения объекта исследования определяется следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_{i,,} \text{, (4.15)}$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Необходимо определить весовой коэффициент характеристик проекта согласно степени важности и провести бальную оценку вариантов исполнения проекта.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта (Таблица 4.21)

Таблица 4.21 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Вар.1	Вар.2	Вар.3
1. Надежность	0,2	5	4	5
2. Долговечность	0,25	5	4	3
3.Простота эксплуатации	0,3	3	5	3
4. Безопасность	0,2	5	3	2
5. Универсальность	0,05	5	2	2
Итого:	1	4,4	4	3,15

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} \frac{I_{р-исп1}}{I_{исп1}^{финр}} \text{, (4.16)}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.18) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}}, (4.17)$$

В таблице 4.22 представлена сводная показателей оценки ресурсоэффективности.

Таблица 4.22 – Сводная таблица показателей оценки ресурсоэффективности

№ п/п	Показатели	Вар.1	Вар.2	Вар.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,95	0,98	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	4	3,15
3	Интегральный показатель эффективности	4,63	4,08	3,15
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,88	0,68

Вывод.

В результате выполнения изначально поставленных целей были получены следующие результаты:

По итогам проведения анализа конкурентных технических решений была подтверждена гипотеза, что наш проект является перспективным как по техническим, так и по экономическим показателям. Проведенный SWOT-анализ поможет предупредить угрозы для исследования и своевременно на них отреагировать, внося необходимые коррективы в проект или разработав дополнительный план действий. А возможности помогут вынести на передний план сильные стороны проекта и поработать над слабыми. Особенно стоит обратить внимание на разработку дополнительных решений по презентации проекта и работой над доказательной эффективностью, а ощутимо сильный обоснованный довод об универсальности геологического расположения разработанного метода утилизации поможет значительно заинтересовать инвесторов.

Разработанный календарный план-график поможет грамотно распределить время на выполнение всех шагов проектирования, согласно него выполнение работы займет у инженера 68 календарных дней, у научного руководителя 5, у лаборанта 4 дня.

Бюджет исследования затрагивает все аспекты работы, включая заработную плату сотрудников согласно разработанного плана-графика и затраты на использование лабораторным оборудованием. Его сумма составила 143237,66 руб.

Оценка эффективности НТИ показала следующие результаты: значение интегрального финансового показателя НТИ составляет 0,95, что является показателем финансовой выгоды, превосходящей аналоги. Значение интегрального показателя ресурсоэффективности НТИ составляет 4,4, по сравнению с 4 и 3,15. Значение интегрального показателя эффективности НТИ составляет 4,63, по сравнению с 4,08 и 3,15, и является наиболее высоким среди аналогов, что означает, что разработка, рассматриваемая в НТИ, является наиболее эффективным вариантом исполнения.